Electricité

Ce cours est constitué de deux parties :
Première partie : Electrostatique
Deuxième partie : Electrocinétique
L'électrostatique est l'étude de l'électricité statique des corps électrisés (conducteur ou isolant) et de l'influence qu'ils créent autour d'eux.
L'Electrocinétique est la partie de l'Electricité qui étudie les courants électriques dus aux charges en mouvement.

Scanned by CamScanner

Electrostatique

Introduction : L'électricité statique

La matière est formée de corpuscules dont certains sont chargés. Parmi les corpuscules chargés, on dénombre essentiellement les électrons et les protons.
Par convention, la charge d'un électron est négative et celle d'un proton est positive.
La plus petite charge est appelée charge élémentaire représentée par **e.**
La charge est représentée par la notation q. Son unité est le coulomb (C).
- charge d'un électron : q= -e
- charge d'un proton : q= +e
Un atome de numéro atomique z, possède z électrons liés à un noyau contenant z protons.
La charge globale de l'atome est nulle. L'atome est donc électriquement neutre.
Quand une partie des électrons, de la surface d'un objet (formé de plusieurs atomes), est transférée à la surface d'un autre objet, il y a **production d'électricité statique**.
L'électricité statique est la cause de plusieurs phénomènes :
- certains habits collent à notre corps quand on bouge ou craquent quand on se déshabille.
- les films photographiques attirent les poussières

I. Les charges

Elles sont produites par frottement ou par influence.

1) Frottement de 2 corps

Quand on frotte 2 corps ensemble, le contact entre leurs surfaces peut causer plusieurs phénomènes :
- leurs surfaces peuvent se chauffer et après un moment elles se chargent.
- certaines surfaces peuvent attirer d'autres corps, par exemple une brosse à cheveux en plastique frottée contre un tissu attire les particules de poussière, les cheveux et les morceaux de papier.

Le processus de frottement permet de charger les corps matériels. Ainsi une brosse à cheveux, qui a été frottée, est dite chargée. Le frottement produit quelque chose d'invisible appelé **charge,** à la surface de la brosse qui la rend attractive aux particules de poussière et aux morceaux de papier.

Comment les charges sont produites par frottement et comment se comportent elles ?

Les nouveaux matériaux en plastique tels que le polyéthylène, l'acétate de cellulose et le plexiglas sont utilisés actuellement dans les expériences pour montrer l'effet des charges produites par frottement. Ces matériaux en plastiques modernes remplacent l'ébonite et le verre que l'on utilisait auparavant.

a) Attraction et répulsion

On montre expérimentalement que :
° un bâton de polyéthylène chargé est repoussé par un autre bâton de polyéthylène chargé.

Scanned by CamScanner

° le même phénomène de répulsion est observé lorsqu'on rapproche un bâton de plexiglas chargé d'un autre bâton de plexiglas chargé.

° Lorsqu' un bâton de polyéthylène chargé est rapproché d'un bâton de plexiglas chargé il y a attraction entre les deux bâtons.

Les deux bâtons de mêmes matériaux se repoussent et les deux bâtons de matériaux différents chargés s'attirent. Donc il y a deux types de charges qui sont produites par frottement sur le bâton de polyéthylène et sur le bâton de plexiglas. Ces deux types de charges sont appelés **charge positive** et **charge négative**. Le polyéthylène frotté gagne une charge négative. Le plexiglas, l'acétate de cellulose et le verre gagnent une charge positive.

Conclusion

- Il y a deux types de charges.
- deux charges de même signe se repoussent.
- deux charges de signes différents s'attirent.

b) Comment les corps deviennent- ils chargés ?

Tous les objets sont formés d'atomes, chaque atome est formé d'un noyau autour duquel gravitent un ou plusieurs électrons.

Atome d'hélium

Quand deux matériaux sont frottés l'un contre l'autre, les électrons qui sont faiblement attachés aux atomes quittent la surface du corps. La charge négative des électrons est transférée avec eux.

Résumé

- les matériaux tels que le **polyéthylène** gagnent des électrons qui se déposent sur leur surface et deviennent **chargés négativement**. Le tissu utilisé pour frotter le polyéthylène a donc perdu ces électrons et par conséquent a gagné une charge positive égale et opposée à la charge négative.

Scanned by CamScanner

-les matériaux tels que **l'acétate de cellulose, le plexiglas et le verre** perdent des électrons de leur surface lorsqu'ils sont frottés. Ils deviennent **positivement chargés** alors que le morceau de tissu gagne des électrons et devient négativement chargé.
- la charge n'est jamais créée ou détruite par frottement, elle est simplement transférée de la surface d'un autre corps. Elle est donc redistribuée.
- un objet est formé d'atomes neutres, il est donc initialement neutre. L'objet devient négativement chargé lorsqu'il gagne un excès d'électrons. De même lorsqu'un objet perd des électrons il devient positivement chargé.

2) Conducteurs et isolants

La plupart des substances peuvent être considérées soit comme des conducteurs électriques soit comme des isolants.

- **un conducteur** est une substance dans laquelle des charges sont relativement libres de se déplacer. Exemple : le corps humain, le métal.....
- **un isolant** est une substance où les charges sont incapables de se déplacer c'est à dire immobiles, on dit que ces charges sont statiques. Exemple : le papier, le verre, le polyéthylène, le plexiglas.....

a) Comment se comporte la charge d'un corps

Quand un bâton de polyéthylène est frotté, il devient chargé négativement. Les électrons gagnés restent à la surface du polyéthylène à l'endroit où ils ont été attachés par le frottement. Comme le polyéthylène est un isolant, la charge ne peut pas se déplacer même s'il y a un contact avec un autre corps.
Contrairement, un objet métallique chargé étant conducteur doit être isolé de tout autre conducteur pour empêcher les charges de le quitter.
La charge d'un conducteur s'étale uniformément sur sa surface à cause de la répulsion entre les charges de même signe qui se repoussent mutuellement.

c) Que se passe-t-il quand un objet chargé est mis en contact avec un objet neutre.

Ce qui se passe dépend de la nature du corps : **conducteur** ou **isolant**.

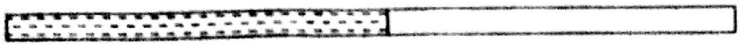
- si un **isolant chargé** A est mis en contact avec un **isolant neutre** B

Les charges ne se déplacent pas : l'isolant B reste neutre.

- si un **isolant chargé** est mis en contact avec un **conducteur neutre.**

Il n'y a pas de transfert de charge.
Remarque : si l'isolant est cogné fortement contre le conducteur quelques charges peuvent passer dans le conducteur.

- si un conducteur chargé A est mis en contact avec un conducteur neutre B.

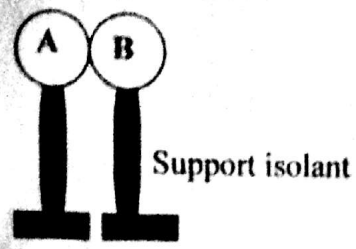


Il y a circulation de charges de A vers B jusqu'à ce que la charge de A se partage entre A et B

Scanned by CamScanner

3) Phénomène d'influence

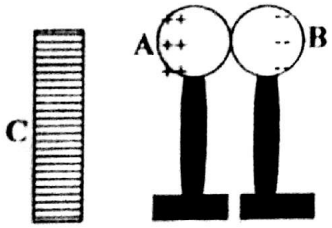
Soient deux conducteurs neutres A et B (2 sphères métalliques) en contact.



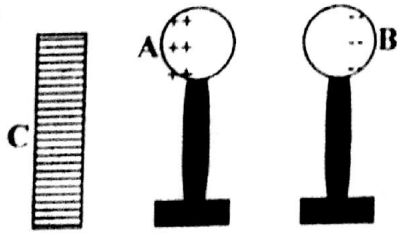
Remarque : pour manipuler les conducteurs, on utilise toujours un support isolant pour empêcher les charges de quitter le conducteur.

Lorsqu'on rapproche un bâton de polyéthylène C (un isolant) chargé négativement des 2 sphères, on remarque que :

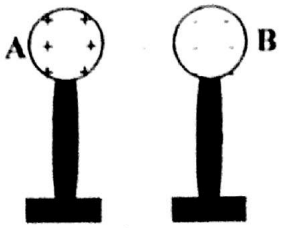
° la sphère B a reçu une charge négative.
° la sphère A a reçu une charge positive
° le bâton C a gardé toute sa charge : il n y a pas de transfert de charge de C vers A ou B.



Si maintenant on déplace B en l'éloignant de A tout en gardant C à proximité de A



Ensuite on enlève C



La charge apparue sur chaque sphère s'étale uniformément sur A et B.

Scanned by CamScanner

Cette méthode de charger un conducteur sans qu'il y ait contact est appelée phénomène d'influence (charger par induction) et les charges apparues sont appelées charges induites.

Comment ce phénomène a lieu ?

Un conducteur est neutre lorsqu'il contient autant de charges positives que de charges négatives.

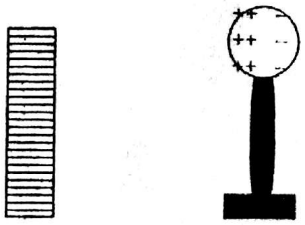
Lorsque C est rapprochée de A (A est en contact avec B) , la charge négative de C repousse les charges négatives de A et de B qui vont se placer le plus loin possible de C et attire les charges positives de A et de B qui viennent se placer le plus prés possible de C. A se charge alors positivement et B négativement.

Lorsqu'on sépare A de B en gardant C, A et B restent chargés.

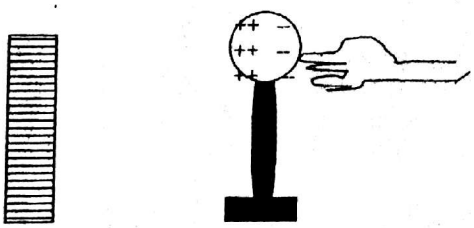
Si on enlève ensuite C, les charges s'étalent uniformément sur A et B.

Charger un conducteur par influence

Lorsqu'un bâton de polyéthylène chargé C est rapproché de A (boule métallique) neutre, les charges négatives se placent le plus loin possible de C et les charges positives le plus prés possible de C.



Lorsqu'on touche ensuite A avec un doigt (on lie A à la terre) les électrons se déplacent vers la terre et A garde la charge positive.

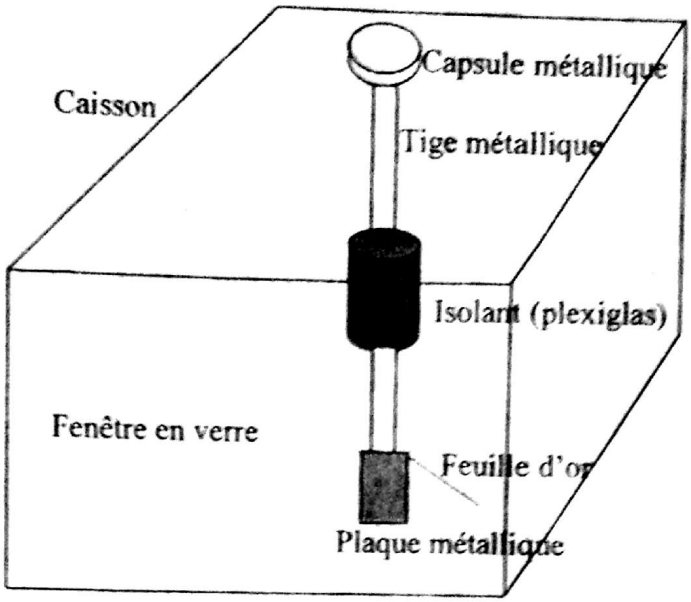


On enlève C, la charge s'étale uniformément sur A.

Scanned by CamScanner

4) Applications

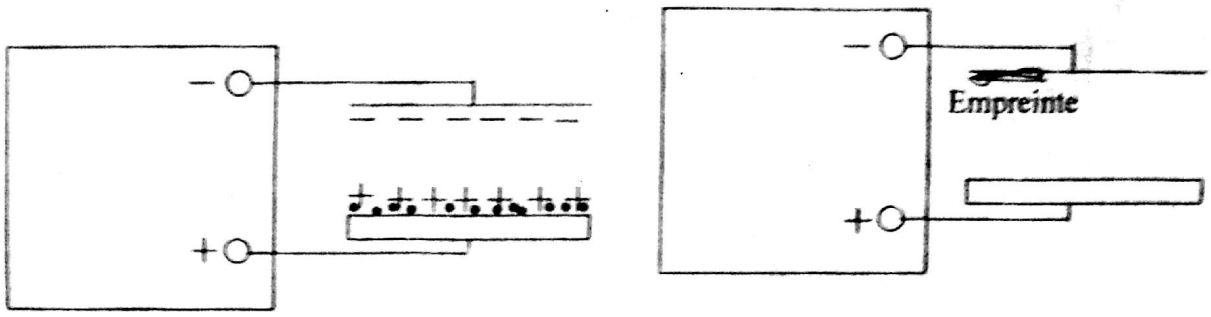
a) l'électroscope



La feuille d'or et la plaque métallique sont reliées à une tige métallique qui passe à travers le centre de l'isolant en plexiglas.
La capsule métallique située en haut de l'électroscope est reliée à la tige métallique. Quand la capsule métallique reçoit des charges, celles-ci s'étalent sur les parties métalliques et aussi sur la feuille d'or. Puisque la plaque métallique et la feuille d'or reçoivent le même type de charges, elles se repoussent et la feuille d'or, qui est très légère, s'écarte et s'éloigne de la plaque : on dit que la feuille d'or diverge.
Remarque :
Lorsqu'il n'y a pas de charges sur la capsule c'est-à-dire l'électroscope n'est pas chargé, la feuille d'or est en position verticale.

b) révélation des empreintes digitales sur les surfaces

Une empreinte digitale invisible à la surface d'un objet en papier (exemple un billet de banque) ou d'un objet en plastique (exemple un sac à main) peut être révélée en utilisant une poudre chargée.



Une plaque métallique sur laquelle est soupoudrée une couche de fine poudre (carbide de silicium) est chargée positivement. L'échantillon portant l'empreinte digitale est relié à la terminale négative du chargeur.

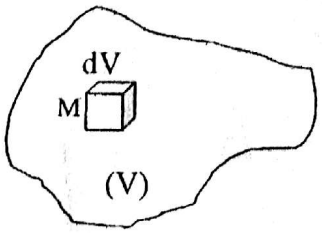
Scanned by CamScanner

La poudre devenant chargée positivement est repoussée de la plaque métallique vers l'échantillon. Quand la poudre atteint l'échantillon, ses particules s'attachent aux stries collantes de l'empreinte digitale, ailleurs les particules perdent leur charge positive, prennent une charge négative et sont repoussées vers la plaque métallique. L'empreinte est rendue ainsi visible par ce processus électrostatique.

5) Distribution de charge

A l'échelle microscopique, la structure de la matière apparaît discontinue et les charges sont ponctuelles.
La plupart du temps, les matériaux considérés contiennent un nombre gigantesque de particules. Dans ce cas là, les échelles spatiales sont très grandes devant les distances inter particulaires et il est impossible de distinguer une particule de l'autre. Les charges ne sont plus ponctuelles, et on est amené à considérer des distributions continues de charges représentées par une grandeur appelée **densité de charge**.

a) Densité volumique de charges



La charge contenue dans un volume élémentaire dV au voisinage d'un point M est :
$dq = \rho(M)\, dV$

$\rho(M)$ est la densité volumique de charges ($C.m^{-3}$)

La charge totale contenue dans le volume V est :

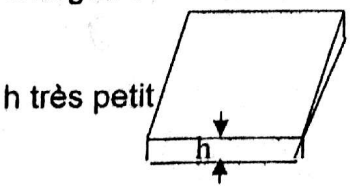
$$Q = \int_V dq = \iiint_V \rho(M) dV$$

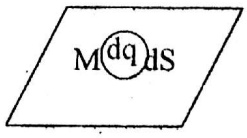
Si la densité de charge $\rho(M)$ est indépendante du point M, elle est uniforme et

$\rho(M) = \rho = cste$. $Q = \int_V dq = \iiint_V \rho(M) dV = \rho \iiint_V dV = \rho V$.

b) Densité surfacique de charges

Lorsqu'une des trois dimensions d'un corps chargé est très faible devant les deux autres, on l'assimile à une surface S chargée portant une densité surfacique de charges σ.





La charge élémentaire dq portée par un élément de surface dS au voisinage de M est :
$dq = \sigma(M)\, dS$ $\sigma(M)$ en $C.m^{-2}$
La charge totale portée par S est :

$$Q = \iint_S \sigma(M) dS$$

Si le milieu est uniformément chargé :
$\sigma(M) = \sigma = cste$

$$Q = \iint_S \sigma . dS = \sigma \iint_S dS = \sigma S$$

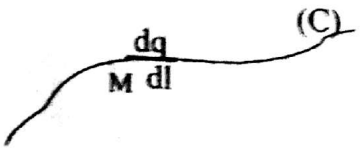
Scanned by CamScanner

La distribution surfacique correspond à la répartition des charges des milieux conducteurs.

Dans un conducteur (plein ou creux) la charge se répartie uniquement sur sa surface et il n'y a jamais de charges à l'intérieur.

c) Densité linéaire ou linéique de charges

Si deux des trois dimensions d'un corps chargé sont très faibles devant la troisième la distribution des charges est filiforme.



On définit la densité linéaire de charge en un point M noté λ(M) .

La charge portée par une longueur élémentaire dl au voisinage du point M est :

$dq = \lambda(M)\,dl$ λ en $C.m^{-1}$

La charge totale sur (C) est :

$$Q = \int_{(C)} \lambda(M)\,dl$$

Si le milieu est uniformément chargé :

$\lambda(M) = \lambda = cste$

$$Q = \int_{(C)} \lambda(M)\,dl = \lambda \int_{(C)} dl = \lambda L$$ L=longueur de (C)

$\lambda = \frac{Q}{L}$ est valable quand le milieu est uniformément chargé.

d) Charges ponctuelles

Si le volume de la distribution est très faible (échelle microscopique), les charges sont considérées comme des charges ponctuelles. La distribution de charge est alors une somme de charges discrètes : $Q = \sum_i qi$

6) Déplacements, surfaces et volumes élémentaires

La détermination du déplacement élémentaire dl, de la surface élémentaire dS et du volume élémentaire dV nécessite la connaissance des coordonnées choisies pour analyser le système.

a) Coordonnées cartésiennes

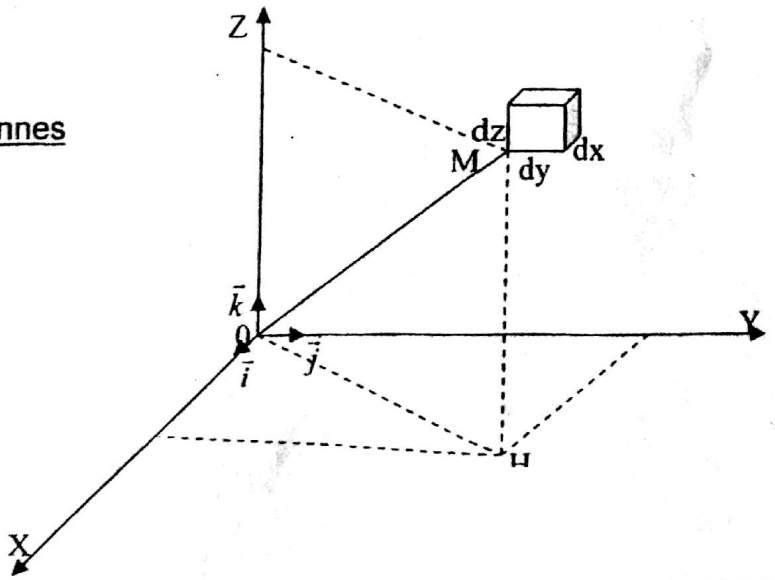
$\vec{OM} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$

$\vec{dl} = d\vec{OM}$

- Déplacement élémentaire

$\vec{OM} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$

$\vec{dl} = d\vec{OM}$



Scanned by CamScanner

- Surfaces élémentaires

$d\vec{S}_x = dydz.\vec{i}$

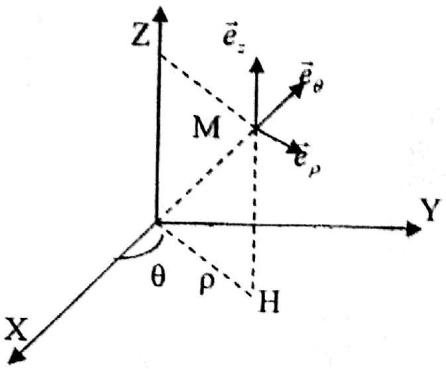
$d\vec{S}_y = dxdz.\vec{j}$

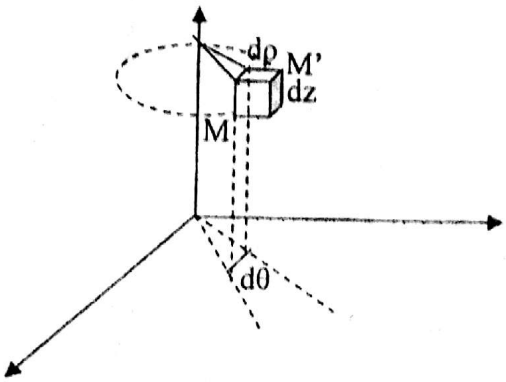
$d\vec{S}_z = dydx.\vec{k}$

- Volume élémentaire

dV=dx dy dz

b) Coordonnées cylindriques





$\vec{OM} = \vec{OH} + \vec{HM} = \rho\vec{e}_\rho + z\vec{e}_z$ avec $\vec{e}_z = \vec{k}$

- déplacement élémentaire

$d\vec{OM} = d\rho\vec{e}_\rho + \rho d\vec{e}_\rho + dz\vec{e}_z$

$d\vec{e}_\rho = d\theta\vec{e}_\theta$ (voir T.D)

$d\vec{OM} = d\rho\vec{e}_\rho + \rho d\theta\vec{e}_\theta + dz\vec{e}_z$

- surfaces élémentaires

$d\vec{S}_z = \rho d\theta d\rho\vec{e}_z$

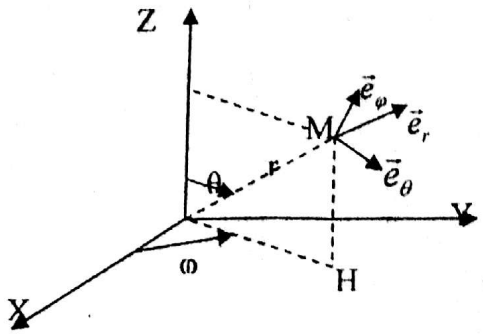
$d\vec{S}_\theta = d\rho dz\vec{e}_\theta$

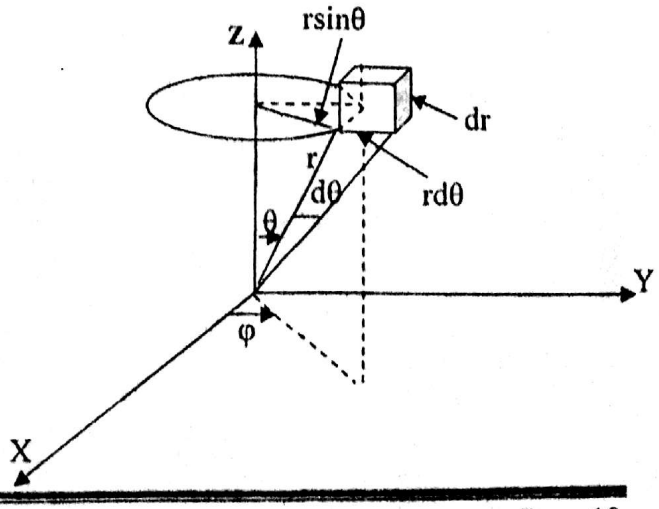
$d\vec{S}_\rho = \rho d\theta dz\vec{e}_\rho$

- volume élémentaire

$dV = \rho d\rho d\theta dz$

c) Coordonnées sphériques





Scanned by CamScanner

$\vec{OM} = r\vec{e}_r$

- Déplacement élémentaire

$d\vec{OM} = dr.\vec{e}_r + r.d\vec{e}_r$

$d\vec{e}_r = d\theta.\vec{e}_\theta + \sin\theta.d\varphi.\vec{e}_\varphi$ (voir T.D)

$d\vec{OM} = dr.\vec{e}_r + r.d\theta.\vec{e}_\theta + r\sin\theta.d\varphi.\vec{e}_\varphi$

- Surfaces élémentaires

$d\vec{S}_\varphi = rd\theta.dr.\vec{e}_\varphi$

$d\vec{S}_\theta = rdr\sin\theta.d\varphi.\vec{e}_\theta$

$d\vec{S}_r = r^2\sin\theta.d\theta.d\varphi.\vec{e}_r$

- Volume élémentaire

$dV = r^2 dr\sin\theta d\theta d\varphi$

7) Symétries et invariances des distributions de charges

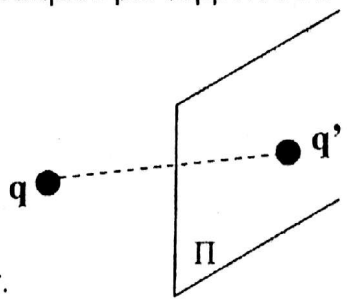
Les distributions de charges peuvent présenter :

- des symétries particulières dont l'identification permet de simplifier l'étude des phénomènes électrostatiques.
- des invariances par des transformations spatiales comme la rotation ou la translation. Ces invariances permettent de préciser les variables dont dépendent les composantes du système.

a) Symétrie plane

Un plan Π est un plan de symétrie pour une distribution de charges si quels que soient les points M et M' symétriques par rapport à Π.

ρ(M)=ρ(M')

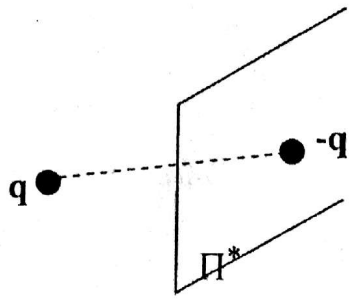


Π est aussi appelé plan miroir.

c) Antisymétrie plane

Un plan Π^* est un plan d'antisymétrie d'une distribution de charges si quels que soient les points M et M' symétriques par rapport à Π^* : ρ(M)= -ρ(M')

Π^* est aussi appelé plan antimiroir.



Scanned by CamScanner

d) Invariance

- **Invariance par translation** : si la distribution ne change pas après une translation.

Cela suppose une distribution infinie (fil infini, plan infini, cylindre infini…)

Exemple

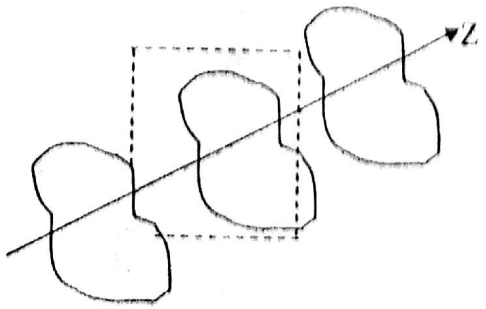
Si la distribution est invariante par translation suivant l'axe z alors $\rho(M)$ ne dépend pas de z.

La distribution satisfait à l'égalité.

$\rho(x,y,z)=\rho(x,y,z')$ quel que soit z et z'.

La densité de charge s'écrit : $\rho(x,y)$

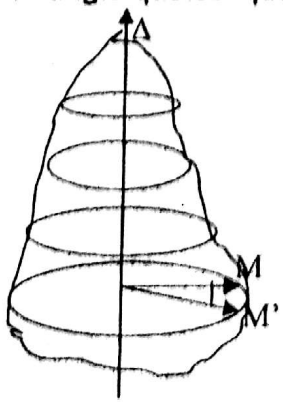
Tous les plans perpendiculaires à la direction de translation Z sont plans miroirs de la distribution de charges.



Remarque : Toutes les distributions sont finies mais lorsque la distance d'un point considéré à la distribution est faible devant les dimensions de la distribution, on considère que cette dernière est infinie. Cela permet de simplifier l'analyse du problème.

-invariance par rotation

Une distribution de charges est invariante par rotation autour d'un axe fixe Δ, si la densité de charges est la même en un point M de la distribution et en tout point M'obtenu par rotation de M d'un angle quelconque autour de Δ.



Si la distribution de charges est invariante par rotation autour de l'axe OZ :

$$\rho(r,\theta,z)=\rho(r,\theta',z)=\rho(r,z)$$

Tous les plans contenant l'axe OZ sont plans miroirs de cette distribution.

d) Propriétés de symétrie

- distribution plane

Scanned by CamScanner

Le plan contenant la distribution de charges est plan de symétrie de cette distribution.
En effet : toute charge q appartenant au plan est symétrique d'elle-même par rapport à ce plan.

- distribution uniforme

Si la distribution de charges est uniforme sur un corps, tout plan de symétrie du corps est plan de symétrie de la distribution.

- symétrie axiale

Si la distribution de charges admet plusieurs plans de symétrie, leur intersection est axe de symétrie.

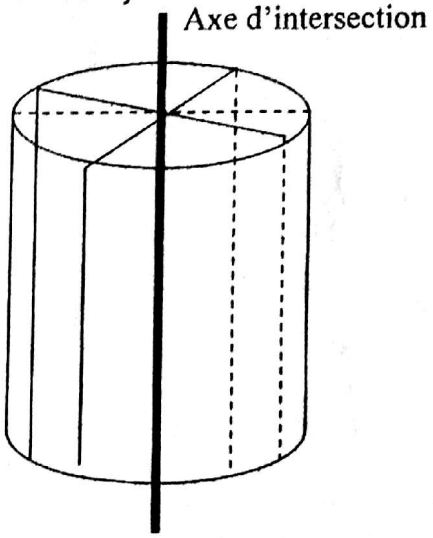
- symétrie par rapport à un point

Si la distribution de charges admet 2 axes de symétrie, leur intersection est point ou centre de symétrie.

e) Applications : **Distribution uniforme**

- Distribution à symétrie cylindrique

Tout plan coupant le cylindre selon son diamètre est plan de symétrie de la distribution dans l'espace.
L'axe d'intersection de ces plans est axe de symétrie de la distribution.

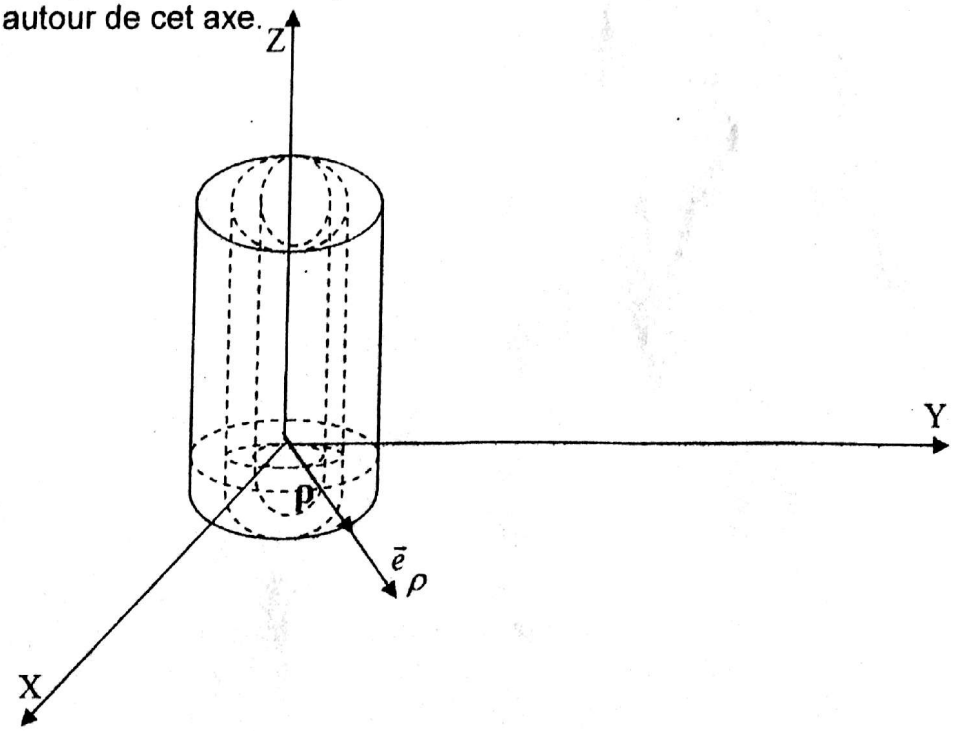


La distribution à symétrie cylindrique est, invariante par translation selon l'axe de symétrie (OZ) et par rotation autour de cet axe.

Coordonnées cylindriques :

$\rho(\rho,\theta,z) = \rho(\rho)$

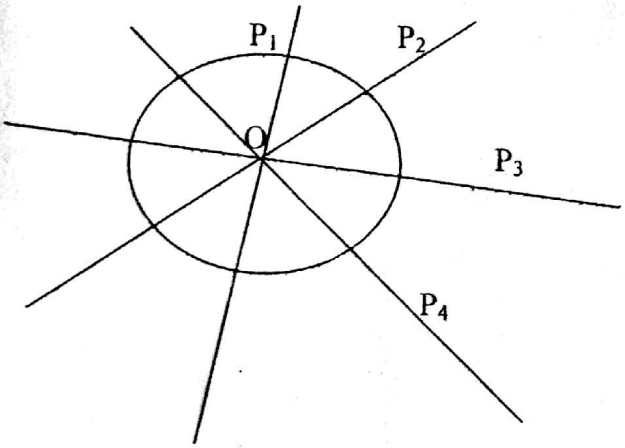
La distribution de charges ne dépend que de ρ

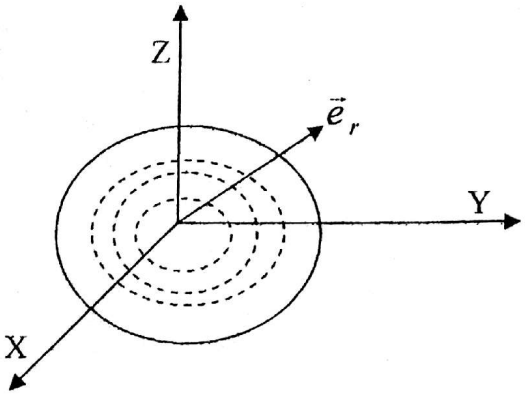


Scanned by CamScanner

- Distribution à symétrie sphérique

Tout plan Pi coupant la sphère selon son diamètre est plan de symétrie de la distribution de charges dans l'espace. Donc tout axe coupant la sphère selon son diamètre est axe de symétrie de la distribution de charges dans l'espace.
L'intersection O, de ces axes de symétrie, est centre de symétrie de la distribution dans l'espace.
La distribution à symétrie sphérique est invariante par rotation autour de tout axe passant par le centre de symétrie.
En coordonnées sphériques avec l'origine au centre de symétrie : $\rho(r,\theta,\varphi) = \rho(r)$

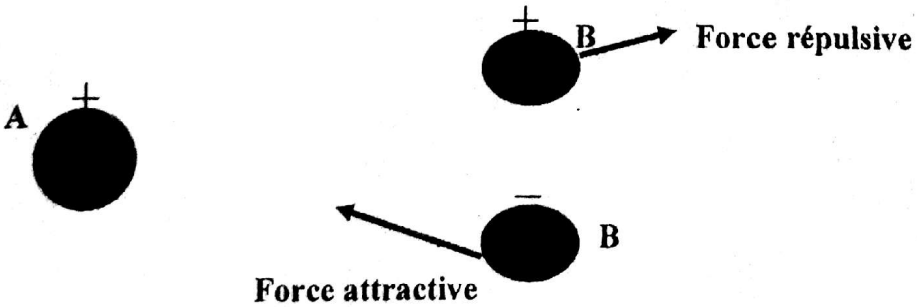




II. Champ électrique et force électrique

1) Champ électrique

Nous avons vu qu'un objet chargé pouvait influencer d'autres objets placés à proximité sans qu'il y ait contact. Cette action à distance peut être expliquée par ce qui est appelé champ électrique de l'objet.
- l'idée du champ électrique
Soit un objet A chargé positivement, si un objet chargé B est placé dans l'espace environnant A, B se met à bouger en s'éloignant de A s'il est chargé positivement ou en se rapprochant de A s'il est chargé négativement.



Dé telles effets sont le résultat d'une force qui agit sur chaque charge qui vient se mettre dans la région d'influence de la charge A. Cette influence autour d'un objet chargé est appelée **champ électrique**.

Scanned by CamScanner

Toute charge qui pénètre dans un champ électrique est soumise à une force électrique.

- Expression du champ électrique

Si une charge q est placée dans un espace vide, elle produit un champ électrique E dans son voisinage. E est donné par :

$$E = \frac{kq}{r^2}$$

$$k = \frac{1}{4\prod\varepsilon_0} = 9.10^9\ N.m^2C^{-2}$$

ε_0 = permittivité diélectrique du vide

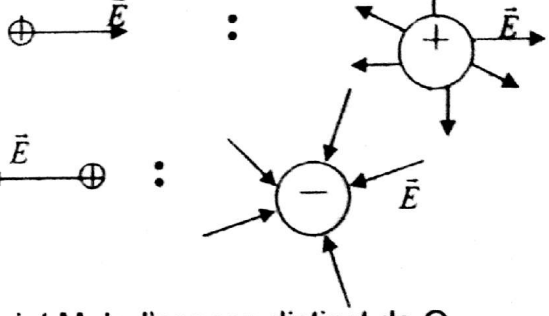
r est la distance entre la charge q et le point où on considère le champ électrique E.

- Direction et sens du champ électrique E

On définit la direction et le sens de E en un point donné, comme la direction et le sens de la force qu'il produit sur une charge positive.

Exemple :

- si la charge q est Positive, $\vec{E}$ est répulsif



- si la charge q est négative $\vec{E}$ est attractif

Résumé :

Une particule de charge q située en O crée en tout point M de l'espace distinct de O un champ électrostatique $\vec{E}(M) = \frac{1}{4\prod\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\vec{u}$

Unité de E : volt.m^{-1}

2) Force électrique ou électrostatique

Si on pose une charge q' dans un espace où règne un champ électrique $\vec{E}$, elle se met à bouger sous l'effet d'une force $\vec{F}$.

$$\vec{F} = q'\vec{E}$$

F est la force électrostatique appelée aussi force de Coulomb (1785)

- Expression de F

Si $E = \frac{kq'}{r^2}$ $\qquad F = \frac{kqq'}{r^2}$

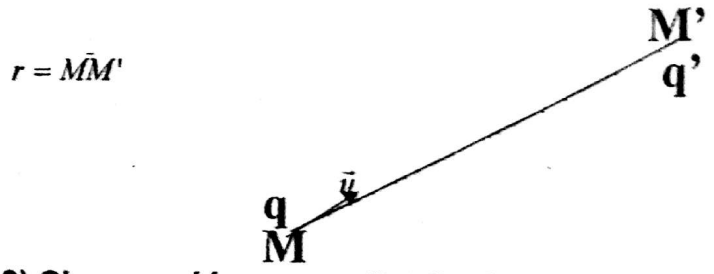
- Direction et sens de F

° F est attractive si q et q' ont des signes différents.

°F est répulsive si q et q' ont même signe.

$$\vec{F} = k\frac{qq'}{r^2}\vec{u}$$

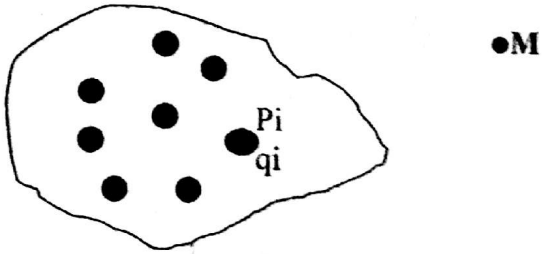
Scanned by CamScanner



3) Champ créé par une distribution de charges

a) Distribution discrète

On considère n charges électriques qi situées en des points Pi.



Le champ électrostatique créé par cet ensemble de charges en un point M est :

$$\vec{E}(M) = \frac{1}{4\prod\varepsilon_0}\sum_i \frac{qi}{ri^2}\vec{u}_{PiM} \qquad ri = P\bar{i}M$$

Cette propriété de superposition, obtenue expérimentalement, est appelée **principe de superposition**.

b) **Distribution de charges continue**

La plupart du temps les échelles spatiales sont très grandes devant les distances inter particulaires.

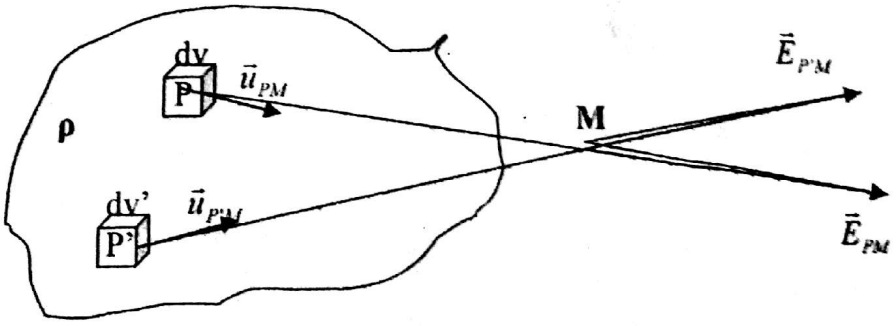
Dans ce cas là, la distribution de charges est continue.

Soit un point quelconque d'un conducteur et dq(P) la charge élémentaire contenue en ce point. Le champ électrostatique total créé en ce point M est :

$$\vec{E}(M) = \int_{distribution} d\vec{E}(M) = \int_{distribution} \frac{1}{4\prod\varepsilon_0}\frac{dq}{r^2}\vec{u}_{PM}$$

- Lorsque la distribution est volumique

$dq = \rho dV$



Le champ total créé par toute la distribution volumique est :

Scanned by CamScanner

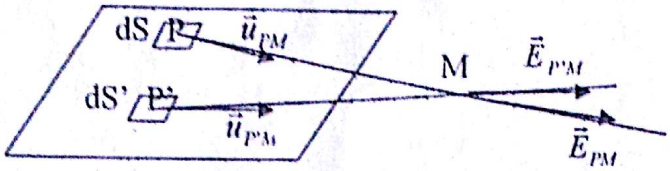
$$\vec{E}(M) = \iiint_{volume} \frac{1}{4\prod\varepsilon_0}\frac{\rho dv}{r^2}\vec{u}_{PM}$$

- Lorsque la distribution est surfacique

Exemple : un plan, une sphère creuse

$dq = \sigma.dS$

$r = PM$



Le champ total créé par toute la distribution est :

$$\vec{E}(M) = \iint_{surface} \frac{1}{4\prod\varepsilon_0}\frac{\sigma dS}{r^2}\vec{u}_{PM}$$

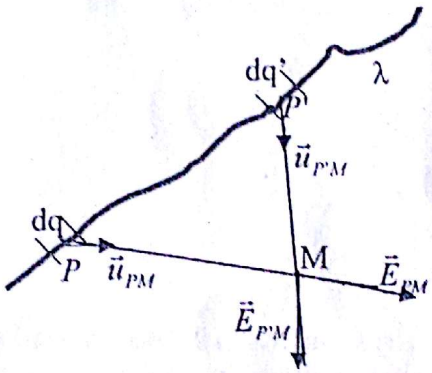
- Lorsque la distribution est linéaire ou linéique.

Exemple : un fil

$dq = \lambda dl$

Le champ total créé par toute la distribution linéaire est :

$$\vec{E}(M) = \int_{longueur} \frac{1}{4\prod\varepsilon_0}\frac{\lambda dl}{r^2}\vec{u}_{PM}$$



3) Propriétés de symétrie du champ électrostatique

a) Principe de curie

« Lorsque certaines causes produisent certains effets, les éléments de symétrie des causes doivent se retrouver dans les effets produits »

Sachant que le champ (l'effet) est produit par une distribution de charges (causes), si la distribution de charges présente des propriétés de symétrie, le champ présente aussi les mêmes propriétés de symétrie.

b) Invariances de la distribution

- Si une distribution de charges est invariante par translation selon l'axe des x, le principe de Curie permet d'écrire que :

$$\vec{E}(x,y,z) = \vec{E}(x+a,y,z)$$

Et le champ électrostatique ne dépend pas de la variable x : $\vec{E}(M) = \vec{E}(y,z)$

- Si une distribution de charges est invariante par rotation d'angle θ, on peut écrire que :

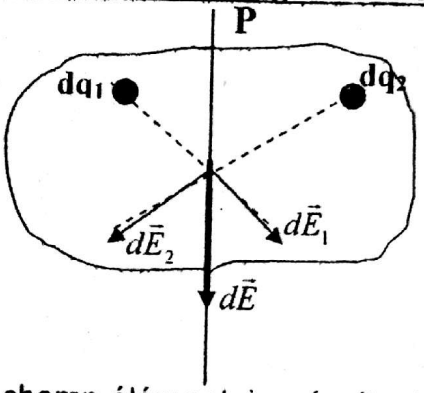
$$\vec{E}(\theta,r,z) = \vec{E}(\theta+\alpha,r,z)$$

$\vec{E}$ ne dépend pas de θ : $\vec{E}(M) = \vec{E}(r,z)$

Scanned by CamScanner

c) Symétrie de la distribution

- Distribution de charges avec un plan de symétrie

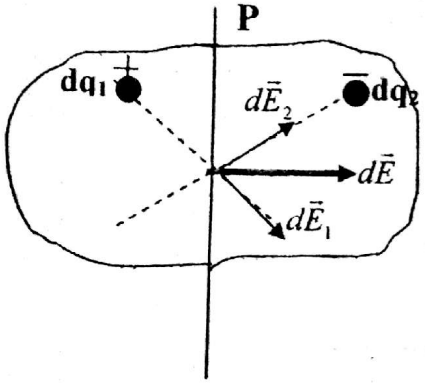


- la charge élémentaire dq_1 créé un champ $d\vec{E}_1$.
- la charge élémentaire dq_2 créé un champ $d\vec{E}_2$.

Le champ élémentaire résultant $d\vec{E} = d\vec{E}_1 + d\vec{E}_2$ est contenu dans le plan P.

Si une distribution de charges admet un plan de symétrie, le champ électrostatique créé est contenu dans ce plan.

- Distribution de charges avec un plan d'antisymétrie



$d\vec{E} = d\vec{E}_1 + d\vec{E}_2$

$d\vec{E}$ est perpendiculaire au plan d'antisymétrie.

Si une distribution de charges admet un plan d'antisymétrie, le champ électrostatique créé est perpendiculaire à ce plan.

Distribution ayant des symétries et des invariances

Lorsqu'on veut calculer le champ électrostatique en un point distant d'un volume chargé, il faut d'abord observer les propriétés géométriques de ce corps, identifier les symétries et les invariances afin de simplifier les calculs.

Pour une distribution de charge ayant une symétrie par rapport à un plan, on déduit que pour un point M du plan de symétrie, le champ résultant E(M) appartient au plan de symétrie.

Exemple : pour une distribution sphérique de charge de centre O, tout plan passant par O est un plan de symétrie : le champ résultant en M appartient à tous les plans contenant OM.

On a donc :

$$\vec{E}(r,\theta,\varphi) = E(r)\vec{e_r}$$

Ce résultat simplifie beaucoup les calculs.

Scanned by CamScanner